

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 63-314616

(43)Date of publication of application : 22.12.1988

(51)Int.Cl.

G05D 1/02

(21)Application number : 62-150453

(71)Applicant : NISSAN MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 17.06.1987

(72)Inventor : NOSO KAZUNORI
KISHI NORIMASA
KURAMI KUNHIKO
HATTORI AKIRA

(54) CONTROLLER FOR SELF-TRAVELING VEHICLE

(57)Abstract:

PURPOSE: To ensure the accurate autonomous traveling control with high reliability for a self-traveling vehicle by detecting the tangent lines at each point on a pair of vehicle guide lines within a prescribed distance in the traveling direction of the vehicle and calculating the curvature of the vehicle guide line from each angle in the traveling direction of each tangent line.

CONSTITUTION: A squint picture photographed in the traveling direction of a vehicle is turned into a plane picture and a pair of vehicle guide lines extended from the plane picture in the traveling direction are detected. Then the tangent lines are detected at each point on said paired guide lines within a prescribed distance in the traveling direction. Thus the curvature of each guide line is obtained from each angle of each tangent line in the traveling direction. Thus the accurate self-traveling control is secured with high reliability for a self-traveling vehicle based on said curvature and the angle of each tangent line.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-314616

⑬ Int. Cl.⁴
G 05 D 1/02

識別記号

庁内整理番号
H-8527-5H

⑭ 公開 昭和63年(1988)12月22日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全8頁)

⑮ 発明の名称 自律走行車両制御装置

⑯ 特 願 昭62-150453

⑰ 出 願 昭62(1987)6月17日

| | | |
|---------|-----------|-----------------------------|
| ⑱ 発 明 者 | 農 宗 千 典 | 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内 |
| ⑲ 発 明 者 | 岸 則 政 | 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内 |
| ⑲ 発 明 者 | 倉 見 邦 彦 | 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内 |
| ⑲ 発 明 者 | 服 部 彰 | 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内 |
| ⑳ 出 願 人 | 日産自動車株式会社 | 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 |
| ㉑ 代 理 人 | 弁理士 三好 保男 | 外1名 |

明 細 書

(産業上の利用分野)

1. 発明の名称

自律走行車両制御装置

2. 特許請求の範囲

進行方向の斜視画像を撮像する撮像手段と、該撮像手段で撮像した斜視画像情報を平面画像情報に変換する画像変換手段と、該画像変換手段からの平面画像情報から進行方向に延出する一対の車両案内線を検出する案内線検出手段と、進行方向の所定距離における前記一対の車両案内線上の各点における車両案内線に対する各接線を求める接線算出手段と、該接線算出手段で算出した各接線の進行方向に対する各角度を算出する角度算出手段と、該角度算出手段で算出した各角度に基づいて進行方向における車両案内線の曲率を検出する曲率検出手段とを有することを特徴とする自律走行車両制御装置。

3. 発明の詳細な説明

〔発明の目的〕

本発明は、自律走行車両制御装置、特に進行方向の画像情報から例えば道路の白線を検出し、該白線の曲率を算出することにより道路等に沿って例えば無人操縦により車両の走行動作を自律的に制御する自律走行車両制御装置に関する。

(従来の技術)

例えば無人操縦により目的地まで車両を自律的に走行制御する自律走行車両制御装置においては、走行途中の道路におけるセンターライン、路側帯等を検出し、これらと車両との位置的関係やこれらが存在して連続的に伸びている方向または軌跡の方向の変化等から例えば道路の湾曲状態等を判断し、これにより車両がカーブする方向、程度、すなわち曲率等を算出し、この算出結果に基づいて車両のハンドル、ブレーキ、アクセル等の制御を自動的に行なっている。

ところで、このように車両の走行動作を自律的に制御する自律走行車両制御装置は、種々のものが考えられているが、まだ決定的なものがなく、

制御の完全性および走行の安全性を考慮して更にベストのものを求めて開発中の状態にある。

(発明が解決しようとする問題点)

従来の自律走行車両制御装置では、上述したようにまだ決定的なものがなく、十分な信頼性を得るには至っておらず、更にベストのものが要求されている。

本発明は、上記に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、高い信頼性をもって、自律走行動作を適確に行ない得るように進行方向、特に進行方向におけるカーブの方向および曲率を適確に検出し得る自律走行車両制御装置を提供することにある。

[発明の構成]

(問題点を解決するための手段)

上記問題点を解決するため、本発明の自律走行車両制御装置は、第1図に示すように、進行方向の斜視画像を撮像する撮像手段1と、該撮像手段で撮像した斜視画像情報を平面画像情報に変換する画像変換手段3と、該画像変換手段からの平

面画像情報から進行方向に延出する一対の車両案内線を検出する案内線検出手段5と、進行方向の所定距離における前記一対の車両案内線上の各点における車両案内線に対する各接線を求める接線算出手段7と、該接線算出手段で算出した各接線の進行方向に対する各角度を算出する角度算出手段9と、該角度算出手段で算出した各角度に基づいて進行方向における車両案内線の曲率を検出する曲率検出手段11とを有することを要旨とする。

制御装置の全体構成を示すブロック図である。同図に示す自律走行車両制御装置は、カメラやセンサ等で検知した進行方向の道路状況を適宜判断しながら例えば設定された目的地に向かった車両を無人で自律的に走行させるための制御を行なう装置であって、車両の進行方向の画像を撮像して画像処理する画像情報処理部100と、超音波センサ、レーザレーダ等により車両の進行方向や側方等の物体、例えば先行車、ガードレール、障害物等を検知するとともに、車輪速等も検知し処理する検知処理部200と、車両を無人で走行させるための車両のステアリング、アクセル、ブレーキ、ウィンカ等を作動させるアクチュエータを有し、これらを制御するアクチュエータ制御部300と、目的地までの地図情報を記憶している地図情報記憶部400と、各部からの情報により車両を目的地に向けて障害物等に衝突しないように走行させるべく前記アクチュエータ制御部300等を制御する走行制御部500と、該走行制御部500に対して目的地に関する情報を入力するとともに、

前記画像情報処理部100からの画像やその他の情報を表示するマンマシンインタフェース部600と、非常ブレーキをかけたり、最高速度を制限する等の機能を有する付帯制御部700と、例えば飛行機のフライトレコーダ等のように衝突時や非常ブレーキ等の場合の車両の各部の状況を記録するデータ収録部800とから構成されている。

(作用)

本発明の自律走行車両制御装置では、進行方向に撮像した斜視画像を平面画像に変換し、この平面画像から進行方向に延出する一対の車両案内線を検出し、進行方向の所定距離における一対の車両案内線上の各点における各接線を検出し、この各接線の進行方向における各角度から車両案内線の曲率を検出している。

(実施例)

以下、図面を用いて本発明の実施例を説明する。

第2図は本発明の一実施例に係る自律走行車両

前記画像情報処理部100は、2台からなる1組のカメラ101、103を有する。このカメラ101、103は車両の前部の例えば左右に設けられ、これにより車両の進行方向のステレオ画像、すなわちステレオ斜視画像を撮像する。このカメラ101、103で撮像された斜視画像は画像処理用コンピュータ105に供給されて画像処理を施され、これにより視差を求めて障害物の有無を判断したり、障害物までの距離および方向を計測するために使用されたり、また斜面画像はこの画像処理用コンピュータ105により平面画像に変換され、すなわち逆斜視変換される。画像処理用コンピュータ105はこの平面画像から例えば道

路上に描かれている一対の車両案内線である白線または路側帯、センタライン等を検出して、その位置を計測する。

また、更に詳しくは、道路上の白線等を検出することにより、道路と車両との相対関係、すなわち車両から左側の白線までの距離 X_L 、右側の白線までの距離 X_R 、車両の進行方向と道路のなす角度 θ 等を算出し、これらの値により道路のカーブの方向や曲率等を求める。また、交差点の手前においては白線の切れ方等を計測することにより交差点までの距離 Y を求める。

このように画像処理用コンピュータ105で求められた距離 X_L 、 X_R 、角度 θ 、距離 Y 等は、ローカル自車位置推定部107に供給され、これにより道路と車両との位置関係、すなわちローカル自車位置を推定できるのである。なお、ローカル自車位置とは、このように画像処理用コンピュータ105における画像処理によって局部的に細く求めた自車位置を称するものとする。また、このローカル自車位置に対して後述するようにお

間隔距離を測定し、これにより前記画像情報処理部100で求めたと同様なパラメータ、すなわち距離 X_L 、 X_R 、角度 θ 等を計測することができる。また、ガードレールの切れ目の判断を行なうことにより例えば交差点の手前 Y メートルの位置にガードレールの切れ目を規則的に作っておくと、交差点までの距離も知ることができる。すなわち、これらの情報により前記画像情報処理部100で求めたと同じローカル自車位置情報を得ることができるのである。

また、検知処理部200は車両前部に設けられ、車両の前方等に存在する障害物等を検出するレーザレーダ209および前方超音波センサ210を有し、これらの出力はフェイルセーフ障害物判断部217に供給されている。これらのレーザレーダ209および前方超音波センサ210は障害物までの距離も算出し、前記画像情報処理部100のカメラ101、103で認識できない場合にも、このレーザレーダ209が障害物を検出した場合には車両の走行を一時的に停止または減速するよ

うに求めた自車位置をグローバル自車位置と称する。

なお、カメラは、画角を広く取るために、3組程度設置し、切り替えて使用することにより右前方、左前方、前方の画像から上記パラメータを得ることができる。

検知処理部200は、超音波センサ、レーザレーダ等を使用し、車両の進行方向や側方等の物体、例えば先行車、ガードレール、障害物等を検知するとともに、車輪速等も検知するものであるが、これは例えば前記画像情報処理部100による画像情報がない場合にもある程度の走行を可能にし、これによりフェイルセーフ的役割も果たそうとするものである。

検知処理部200は、例えば車両の側方、前後左右の4ヶ所にそれぞれ設けている4つの超音波センサ201、203、205、207を有し、これらの超音波センサの出力はフェイルセーフローカル自車位置検出部215に供給され、これらのセンサによって車両と道路のガードレールとの

うになっている。

更に、検知処理部200は後輪の左右に設けられている一対の車輪速センサ211、213を有し、これらのセンサの出力は車輪速データ処理部218に供給され、更にこの車輪速データ処理部218からグローバル車両位置推定部219に供給されている。この車輪速センサ211、213は車輪の回転を検出し、この回転に同期して車輪の1回転毎に数千個（具体的には、1000～4000）のパルスを左右の車輪毎に発生する。従って、この左右の車輪毎に発生する両パルスの数の差を取れば、走行距離の差となり、この差から車両がカーブして走行しているか否かを判断することができる。また、左右の車輪の走行距離はそのまま車両の走行距離となる。従って、これらの情報を時々刻々計算することにより車両の変位（ ΔX 、 ΔY 、 $\Delta \theta$ ）を求めることができる。具体的には、ある時点の車両の姿勢、すなわち位置を基準とした相対的な車両の位置情報、すなわち相対的な X 、 Y 座標における位置および θ 等の情

報を求めることができ、これにより走行前の車両の位置が既知であるならば、車輪速処理を逐次行なうことにより走行中の車両の現在位置を常に検出することができ、但し、誤差は累積されるので、走行距離が長くなると、計測誤差が大きくなる。このように求められるおよその車両の位置がグローバル車両位置(X、Y)である。

アクチュエータ制御部300は、車両を無人で走行させるために必要な種々のアクチュエータ、すなわちステアリングを操舵する操舵アクチュエータ301、アクセルに対応するスロットルアクチュエータ303、ブレーキアクチュエータ305、ウィンカ駆動部307を有し、これらの各アクチュエータをアクチュエータ制御部309が走行制御部500からの制御情報に基づいて制御するようになっている。なお、車両がAT車で前進走行のみである場合には、上述したアクチュエータのみでよいが、MT車や後進の制御を行なう場合には、クラッチやシフトレバー等の操作用アクチュエータ等も必要となる。アクチュエータ制御

部105から障害物データを供給され、この障害物データに基づいて障害物の回避方向を決定する障害物回避方向決定部501と、地図情報記憶部400からの地図情報、検知処理部200のグローバル自車位置推定部219からのグローバル自車位置情報(X、Y)、画像情報処理部100のローカル自車位置推定部107からの補正データ、マンマシンインタフェース部600からの目的地情報等の情報を供給され、これらの情報により目的地までの経路等を含む大局的な走行戦略情報を立案し、この情報に従って前進、右左折、減速、加速、停止等の走行動作に関する情報、交差点までの距離情報等の制御情報を出力するプランナである走行指令部503と、該走行指令部503からの制御情報、画像情報処理部100のローカル自車位置推定部107からの道路端からの距離、角度等を含むローカル自車位置情報、障害物回避方向決定部501からの障害物回避方向情報、検知処理部200の車輪速データ処理部218からの車両の変位(ΔX 、 ΔY 、 $\Delta \theta$)を含む

部309は走行操舵制御部505からの加減速指令または目標車速指令を受け、アクセルやブレーキ等を制御する。操舵制御は同様に右または左への回転指令または目標操舵角指令を受けて作動する。

地図情報記憶部400は、目的地に関する地図情報、目的地までの地図情報、例えば目的地までの道路に存在する交差点位置、交差点間距離等の地図情報を記憶している地図データ記憶部401および該地図データ記憶部401に対して走行制御部500からのアクセスを制御する地図情報アクセス制御部403から構成されている。

走行制御部500は、前記画像情報処理部100および検知処理部200で検出した進行方向の道路情報を適宜判断するとともに地図情報記憶部400からの地図情報を参照しながら、マンマシンインタフェース部600から入力される目的地に向けて車両を走行させるべく前記アクチュエータ制御部300を駆動制御するものである。そして、前記画像情報処理部100の画像処理用コン

車両姿勢(位置)情報、検知処理部200のフェールセーフローカル自車位置検出部215からの道路端からの距離、角度等を含むローカル自車位置情報、フェールセーフ障害物判断部217からの障害物までの距離情報、付帯制御部700からの情報等を供給され、これらの情報に基づいてアクチュエータ制御部300の制御に必要な各種制御信号、例えば目標車速、目標操舵角情報等の情報をアクチュエータ制御部300に供給し、これにより操舵制御等を行なう走行操舵制御部505とを有する。

更に具体的には、走行指令部503はマンマシンインタフェース部600から目的地情報が入力されると、地図情報記憶部400をアクセスしながら、目的地までの経路を探索し、最短経路を決定する。そして、この決定した最短経路の情報と車輪速センサ211、213で検出された情報に基づいて算出されたグローバル自車位置情報とを比較しながら走行制御情報を作成する。例えば、交差点に近付いたときには、およその減速指令を

出力したり、「あと何メートルで左折する」というような情報を走行操舵制御部505に出力する。また、走行操舵制御部505におけるアクチュエータに対する制御はFuzzy制御等の知能制御により行なわれる。すなわち、「if...then...」の形式で記述されたプロダクションルールに従って制御される。また、障害物の回避は画像情報処理部100による障害物までの距離と方向とに基づいてどの方向に進めばよいかを決定する。

マンマシンインタフェース部600は、目的地情報等を入力するキーボード601と、目的地までの地図を表示したり、その他種々の情報、例えば交差点までの情報等を表示するCRTディスプレイ603とを有する。なお、キーボード601は代りとしてディジタイザ等でもよい。また、マンマシンインタフェース部600はマンマシンインタフェースとして音声認識や合成装置等を有してもよい。

付帯制御部700は、非常ブレーキアクチュエータ701を有し、この非常ブレーキアクチュエ

る。なお、最高車速は走行指令部503によって道路毎に設定することも可能である。また、万一、設定された最高車速を越える車速が出た場合には、車速センサ714が感知し、これにより走行制御部500の異常を判断し、非常ブレーキアクチュエータ701を制御して非常ブレーキを作動させるようになっている。

データ収録部800は、フライトレコーダ等のように衝突時、非常ブレーキ作動時等に車両の各部の状況を記録するためのメモリ等からなるデータ収録部801およびGセンサ803を有する。このデータ収録部801に記録されたデータに基づいて後で原因等を解明するために使用するものである。

次に、第3図を参照して作用を説明する。

この作用は、自律走行車両制御装置における自律走行制御の中において特に画像情報処理部100で撮像した画像情報を基にして車両のローカル自車位置の算出、具体的にはカーブ路のカーブ度合いおよびカーブ路と自車との位置関係等を求め

る。アクチュエータ701は通常走行用のブレーキアクチュエータ305と平行に作動し、安全性を向上している。この非常ブレーキアクチュエータ701はアンテナ705で受信した外部非常ブレーキ信号を受信機707および制御部703を介して供給されたり、または車両内部に設けられている非常ブレーキスイッチ709からの作動信号を制御部703を介して供給されると走行制御部500の制御に関係なく作動し、車両を停止させる。また、付帯制御部700は最高車速リミッタ711、この最高車速リミッタ711に対して最高車速を設定するための速度設定部713および最高車速リミッタ711に車両の実際の車速情報を供給する車速センサ714を有し、速度設定部713で設定された最高車速で走行し得るようになっている。この最高車速リミッタ711は車両の乗員がゆっくりと走りたい場合に、その最高車速を設定するためのものであり、この設定された最高車速情報は走行操舵制御部505に供給され、走行操舵制御部505でこの速度を越えないように制御され

るものである。

前記画像情報処理部100のカメラ101、103で撮像した車両の前方の画像は、第3図(a)に示すように、斜視画像である。この斜視画像はカメラ101、103から画像処理用コンピュータ105に供給されて逆斜視変換され、第3図(b)に示すようなワールド座標系の平面画像となる。この平面画像では、図示のように一対の車両案内線である一対の白線LL、LRが図示されているが、この白線LL、LRが画像処理用コンピュータ105によって抽出される。

このように抽出された白線LL、LRに対して、第3図(c)に示すように車両900の位置を原点としてX座標およびY座標を設定し、車両900の前方Yメートルの位置における白線LL、LRの各点PL、PRのX座標の位置XL、XR、すなわち車両900を原点とした中心から白線LL、LRまでの距離XL、XRを求める。それから、各点PL、PRにおける各白線LL、LRに対する各接線TL、TRを求め、この各接線TL、

TR と車両 900 の進行方向、すなわち Y 軸の方向との各角度 θ_L 、 θ_R を算出する。

以上のように算出される角度 θ_L 、 θ_R がローカル自車位置推定部 107 に供給されることにより、これらの角度 θ_L 、 θ_R および両角度の差 ($\theta_L - \theta_R$) の符号によって次表のように車両の進行方向の道路の湾曲状態、すなわち右カーブであるかまたは左カーブであるか等が判断されるのである。なお、この表において、備考欄には白線 LL、LR と車両 900 の関係図を示しているものである。

(以下余白)

| 表 | | | | |
|------------|------------|-----------------------|------|----|
| θ_R | θ_L | $\theta_L - \theta_R$ | 判断 | 備考 |
| - | - | + | 右カーブ | |
| - | - | 0 | 直線 | |
| - | - | - | 左カーブ | |
| + | - | - | エラー | |
| - | + | + | エラー | |
| + | + | + | 左カーブ | |
| + | + | 0 | 直線 | |
| + | + | - | 右カーブ | |

この表から、例えば $\theta_R < 0$ 、 $\theta_L < 0$ 、($\theta_L - \theta_R$) > 0 の時および $\theta_R > 0$ 、 $\theta_L > 0$ 、($\theta_R - \theta_L$) < 0 の時は、右カーブであり、 $\theta_R < 0$ 、 $\theta_L < 0$ 、($\theta_L - \theta_R$) < 0 の時および $\theta_R > 0$ 、 $\theta_L > 0$ 、($\theta_R - \theta_L$) > 0 の時は、左カーブであり、また $\theta_R = \theta_L$ の時は、直線路であると判断できる。なお、道幅が一定という条件で道路が作られていたら、 θ_R と θ_L の符号が逆になることはないため、この場合には両線

処理のエラーとして判断される。

また、走行制御においては、道幅が同じであれば、前記距離 X_L 、 X_R から ($X_L - X_R$) の値がある一定値 X となるように制御する。そして、直線の場合には、左右の白線 LL、LR の中央を走行するのであれば $X = 0$ となり、左カーブの場合には $X > 0$ となる。また、カーブの度合いが強い程、 X の値は大きくなる。右カーブの場合も同様に $X < 0$ となる。そこで、画像情報から X_L 、 X_R およびカーブの度合いを求めれば走行制御が可能となる。

カーブの度合いとして、カーブの曲率半径を求める場合についての説明が第 4 図に示されているが、左の白線 LL 上の点 PL における曲率半径を L とし、右の白線 LR 上の点 PR における曲率半径を R とし、両点 PL、PR 間の距離を W とする (なお、この距離 W は道幅ではない) と、次式が成立する。

$$W = X_R + X_L$$

$$L \sin \theta_L = R \sin \theta_R$$

$$L \cos \theta_L + W = R \cos \theta_R$$

これらの式から次式が求まる。

$$L \cos \theta_L + W = L \sin \theta_L$$

$$\cdot \cos \theta_R / \sin \theta_R$$

$$L (\cos \theta_L - \sin \theta_L \cdot \cos \theta_R / \sin \theta_R) = -W$$

従って、左白線 LL の曲率半径 L は次のとおりとなる。

$$L = W \sin \theta_R / (\sin \theta_L \cdot \cos \theta_R - \cos \theta_L \cdot \sin \theta_R) \\ = W \sin \theta_R / \sin (\theta_L - \theta_R)$$

なお、右カーブの時は、 θ_L と θ_R とを入れ替え、かつ符号を逆にすればよい。このように求めた白線 LL、LR の曲率半径の逆数をカーブの度合いとして使用すればよく、このカーブ度合いはカーブがきつい程大きな値となる。

以上のように求めた距離 X_L 、 X_R 、角度 θ_L 、 θ_R 等およびこれらのデータから求めた白線 LL、LR のカーブ度合い、右カーブか左カーブか等の情報が画像情報処理部 100 から走行制御部 50

0に供給され、これにより車両の自律走行制御が適切に行なわれるものである。

〔発明の効果〕

以上説明したように、本発明によれば、進行方向に撮像した斜視画像を平面画像に変換し、この平面画像から進行方向に延出する一対の車両案内線を検出し、進行方向の所定距離における一対の車両案内線上の各点における各接線を検出し、この各接線の進行方向における各角度から車両案内線の曲率を検出してあり、このように検出した曲率および各接線の角度から車両を適確にかつ高い信頼性をもって自律走行制御することができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明のクレーム対応図、第2図は本発明の一実施例に係る自律走行車両制御装置の全体的構成を示すブロック図、第3図は第2図の自律走行車両制御装置の作用の説明図、第4図は第2図の自律走行車両制御装置において道路の白線の曲率を求めるための説明図である。

1…撮像手段

3…画像変換手段

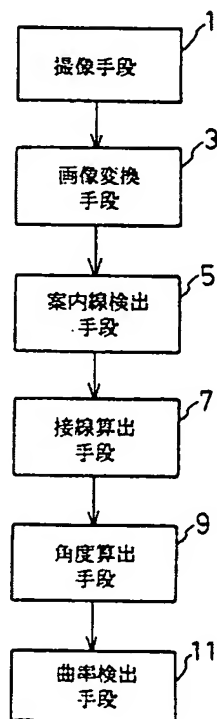
5…案内線検出手段

7…接線算出手段

9…角度算出手段

11…曲率検出手段

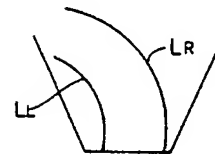
代理人弁護士 三好保男



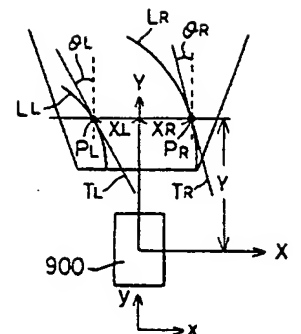
第1図



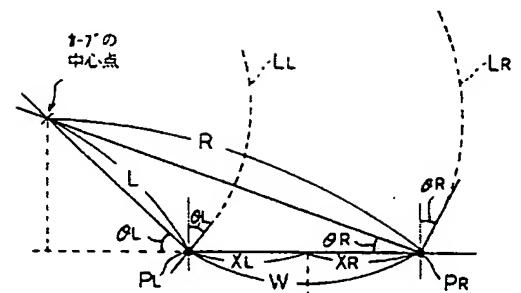
第3図(a)



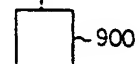
第3図(b)

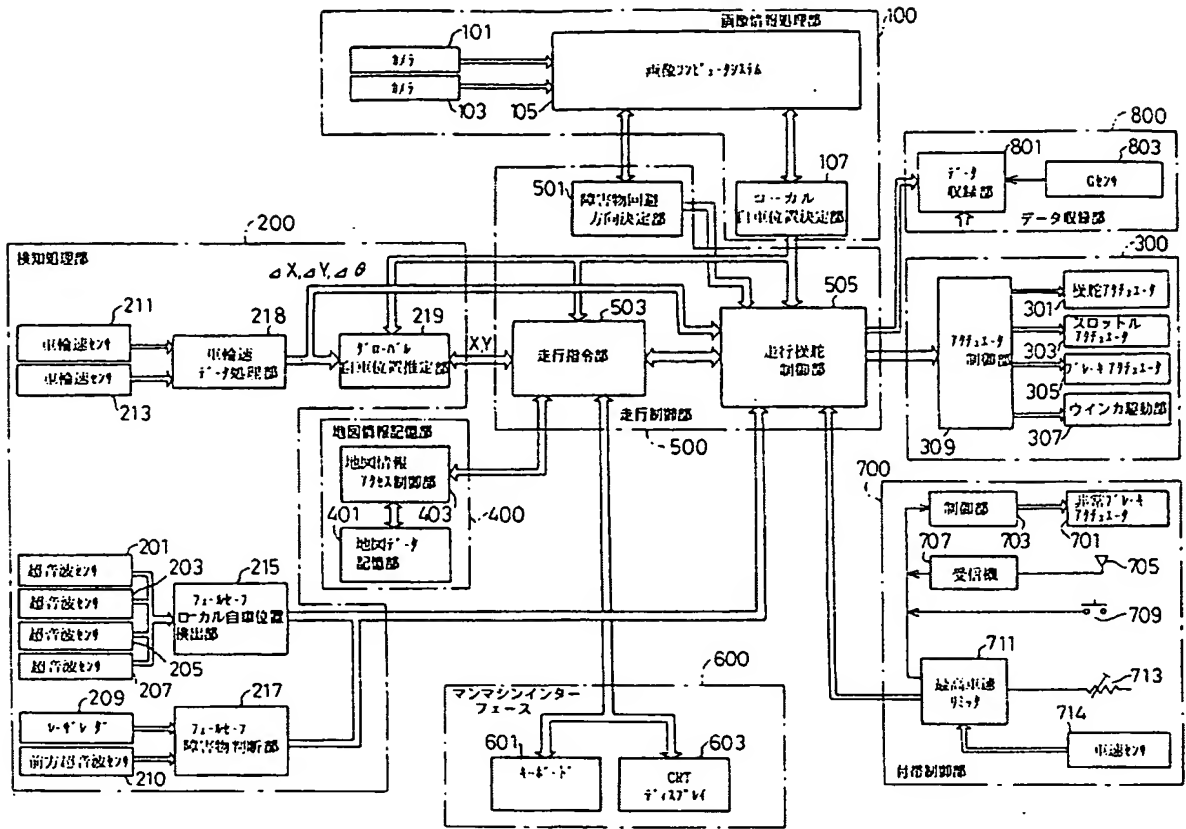


第3図(c)



第4図





第2図

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.